

九州工業大学 正員 山本 宏
日本鉄塔工業(株) 正員 武富 裕

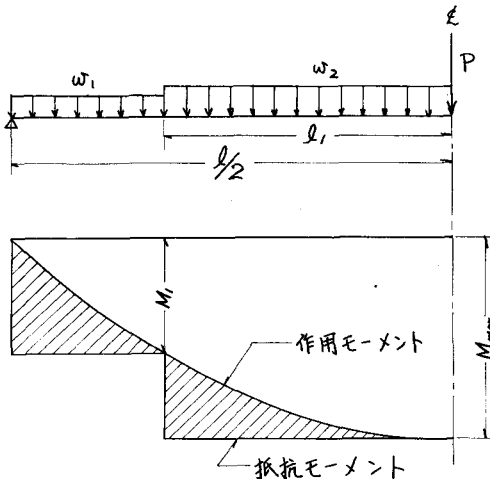
1. まえがき

一般に、構造物の最適設計とは、安全性を有し、かつ機能的、経済的なものでなければならぬであろう。先に、作用する曲げモーメントの大きさが与えられた時の、鋼桁の断面決定について、桁断面積が最小となるような断面寸法を、SLP法(反復線形計画法)を用いて求めてみた。最小重量設計の範囲内で考えるならば、桁の重量を最小にする為には、曲げモーメントの大きさに応じて、桁断面を連続的に変化させれば良いことになる。しかしながら、それでは、溶接費、加工費等の費用面から経済的な桁とはならない。そこで、現実には、鋼材費と加工費との関連において、桁断面をいくつか変化させることになる。ここでは、断面寸法、及び断面変化位置を変数とし、応力、変位、寸法等の制限を満足し、かつ、重量が最小となるような値も、従来の設計法を参考にしながら、SLP法を用いて求めてみる。

2. 設計モデル

対象として、単純非合成桁橋をとらえ、次のようにモデル化してみた。

- スパン、幅員が設計条件として与えられた場合に、主桁の本数、主桁間隔、断面の変化数は、従来の経験的判断により決まるものとする。
- 荷重は、等分布荷重と、L-荷重による集中荷重の組み合わせとする。
- 腹板の寸法は、断面ごとに变化させず、全長を通じて一定であるとする。
- また、先の結果より、重量軽減の為には、ウェブ、フランジ共に、板厚は、許容範囲内で、できるだけ薄くしたほうが有利であったこと。特に、ウェブは、桁の重量に及ぼす影響が大きいこと。ウェブ厚と桁断面積との関係をグラフに表わすと、なめらかな曲線になったこと。また、実用面から、板厚は、市販されている寸法を使ったほうが良いこと等から、整数値(mm単位)のウェブ厚 T_w を、最適値が存在すると思われる近傍で数種類仮定して、それぞれ最適値を求め、それらの比較により、目的則数値が最小となるものに決定する。桁高 H_w は、これに、ウェブの座屈防止により決まってくる係数 α を乗じた、制限いっぱいの高さとする。



$$w_1 = w_d + w_l(1 + \lambda) + w_{s1}$$

$$w_2 = w_d + w_l(1 + \lambda) + w_{s2}$$

w_d : 鋼重以外の死荷重 (t/m)

w_l : 等分布活荷重 (t/m)

w_{s1}
 w_{s2} } 鋼桁の単位重量 (t/m)

λ : 衝撃係数

P : L-荷重による集中荷重 (t)

l : スパン長 (m)

図 1

3. 最適設計

a) 設計変数

l_1 : スパン中央から断面変化位置までの長さ

L_{fu1} : 上フランジ幅

T_{fu1} : 上フランジ厚

L_{fl1} : 下フランジ幅

T_{fl1} : 上フランジ厚

b) 目的関数

$$Z = (L_{fu1} \times T_{fu1} + L_{fu2} \times T_{fu2}) \times l_1 + (L_{fu2} \times T_{fu2} + L_{fl2} \times T_{fl2}) \times (l/2 - l_1) \rightarrow \min \quad \text{図 2}$$

c) 制約条件

* 応力制限 $\sigma_{ci} \leq \sigma_{ca}$

$\sigma_{ti} \leq \sigma_{ta}$

* 寸法制限

$$L_{fu1} \leq 26 T_{fu1} + T_w$$

$$L_{fl1} \leq 32 T_{fl1} + T_w$$

* 変位制限 $\delta \leq l/500$

$$T_{fu1}, T_{fl1} \geq 0.8$$

(δ : スパン中央における活荷重によるたわみ) $l_1 \leq l/2$

上記の他、SLP法は、非線形な問題を、ある近似解の近傍で Taylor 展開し、2次以上の項を省略することにより、線形計画法の問題に近似し、新たな近似解を求め、収束するまでこの操作をくり返していく方法であるから、前の近似解とあまり大きく違った値は取り得ない。したがって、変数の変化量に制限を設けた。また、初期値のよえ方により、くり返し回数に差が出てくるものと思われる。ここでは、次のようにして求めた値を、初期値として与えた。

d) 初期値

初期値として、先の断面決定の際には、収束値に近い値を与えた方が、くり返し回数が少なくて済んだことから、以下のようにして、収束値の見当をつけてみた。

図1において、モーメント図と抵抗モーメント図により囲まれた部分(斜線部)の面積が小さい程、鋼重は減少することになる。そこで、モーメント図を放物線と仮定して、斜線部の面積を l_1 の関数として表わし、この時極値をとる値を l_1 の初期値とする。ただし、 M_{max} は鋼重を仮定して求める。スパン中央から l_1 の点での作用モーメントは、放物線に近似したモーメント図から求め、 M_1 とする。このときの M_{max} 、 M_1 に対する桁断面は、ウェブ厚、桁高が決まっているので、所要フランジ断面積が得られる。(橋梁工学 福田、安宅、友永著 オーム社) この断面積を有し、制限いっぱい薄くとした時のフランジ寸法を初期値とする。ウェブ厚 T_w については、スパンと桁高の比により経験的判断から求めた桁高を α で除じた値、または、 l_1 が得られた段階で、目的関数を T_w の関数として表わし、極値をとるとき T_w の値の近傍で、数個の整数値(mm単位)を選び、それぞれ最適値を求め、目的関数値を比較して決定する。

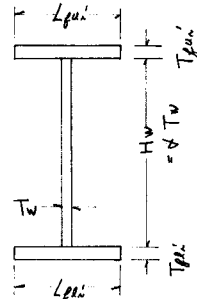
以上のようにして、桁の最小重量設計を試みる。計算結果は、当日発表の予定である。

参考文献

1) 長 尚 : 構造物の最適設計 朝倉書店

2) 大久保 禎二 : 鋼構造物の最適設計法 橋梁, 1971年6月

3) 山本・武富 : 昭48 西部支部研究発表会



材質

SM41

$\alpha = 152$